

PENGURANGAN ANTRIAN KENDARAAN MELALUI PERHITUNGAN PENYALAAAN LAMPU LALU LINTAS YANG OPTIMAL

¹Emmalia Adriantantri, ²Joseph Dedy Irawan, ³Munasih

¹Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang

² Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang

³ Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknologi Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang

ABSTRAK

Jalan raya merupakan suatu fasilitas transportasi yang amat penting, bagi perkembangan perekonomian suatu daerah, karena sangat mempengaruhi kelancaran mobilitas masyarakat. Oleh sebab itu dengan bertambahnya jumlah kendaraan menyebabkan kepadatan lalu lintas yang tinggi dan mengakibatkan kemacetan bahkan bisa terjadi kecelakaan lalu lintas.

Seperti yang terjadi di kota Malang, jumlah pemilik kendaraan bermotor terus bertambah. Akibatnya, menimbulkan kepadatan lalu lintas yang menyebabkan kemacetan, dimanaantisipasi dengan pelebaran jalan tampaknya sulit untuk dilakukan.

Penelitian ini dilakukan pada persimpangan Jl A.Yani dan Borobudur. Dimana pada persimpangan tersebut sering timbul kemacetan, terutama di jam dan hari tertentu. Untuk itu, peneliti ingin mengetahui pola kedatangan, jumlah kedatangan dan keluaran kendaraan, sehingga dapat diketahui jumlah antrian dan tingkat pelayanan dari lampu lintas. Untuk selanjutnya dilakukan perhitungan nyala lampu yang optimal untuk mengurangi kemacetan tersebut.

Penelitian ini menggunakan teori antrian untuk menghitung tingkat pelayanan lampu lalu lintas (*traffic light*) dan perhitungan nyala lampu lalu lintas optimal menggunakan teori Webster.

Hasil penelitian ini adalah tingkat kegunaan bagian pelayanan(p) dari : arah Jl. Borobudur ke Jl. A.Y. Selatan sebesar 1,05, arah A.Y. Selatan ke Jl. A.Y. Utara diperoleh (p) sebesar 1,02, arah A. Y. Utara ke Jl. Borobudur diperoleh(p)1,02. Sedangkan waktu penyalaan lampu lalu lintas (*traffic light*) optimal yang diperoleh di persimpangan Blimbing, Jl. A. Yani dan Jl. Borobudur, sebagai berikut : dari Jl. Borobudur ke Jl. Ahmad Yani selatan dengan pelayanan nyala lampu merah 69 detik, nyala lampu hijau 21 detik dan nyala lampu kuning 3 detik. Dari arah Jl. Ahmad Yani Selatan ke Jl. Ahmad Yani Utara dengan pelayanan nyala lampu merah 63 detik, nyala lampu hijau 27 detik dan nyala lampu kuning 3 detik. Dari arah Jl. Ahmad Yani Utara ke Jl. Borobudur dengan pelayanan nyala lampu merah 50 detik, nyala lampu hijau 40 detik dan nyala lampu kuning 3 detik.

Kata Kunci : antrian, tingkat pelayanan, penyalaan lampu optimal

Jalan raya sangat menunjang transportasi yang diperlukan oleh masyarakat luas. Oleh sebab itu dengan bertambahnya jumlah kendaraan menyebabkan kepadatan lalu lintas yang tinggi dan mengakibatkan kemacetan bahkan bisa terjadi kecelakaan lalu lintas. Banyak hal yang dapat dilakukan pemerintah sebagai alternatif untuk mengurangi kepadatan dan kemacetan, seperti membangun jalan tol ataupun jembatan layang, terutama di daerah persimpangan. Namun tentu saja hal itu tidak mudah dilakukan perlu banyak pertimbangan dan prosedur yang harus dilakukan.

Seperti yang terjadi di kota Malang, jumlah pemilik kendaraan bermotor terus bertambah. Akibatnya, menimbulkan kepadatan lalu lintas yang menyebabkan kemacetan, dimanaantisipasi dengan pelebaran jalan

tampaknya sulit untuk dilakukan. Malang yang merupakan salah satu kota pendidikan dan kota wisata di Jawa Timur, tahun 2015 mendatang, diprediksi akan terancam macet total. Prediksi ini diperoleh dari kinerja Pemkot yang sampai kini belum ada upaya perencanaan pembuatan jaringan jalan untuk tahun 2010-2030. (<http://kangnarada.wordpress.com/2011/10/08/kemacetan-di-kota-malang/>). Situasi ini terjadi pula pada persimpangan Jalan Borobudur dan Ahmad Yani Malang, kepadatan lalu lintas di wilayah ini cukup tinggi, sehingga kemacetan tidak dapat dihindarkan lagi. Sering terjadi antrian kendaraan yang panjang, yang terjadi karenajumlah kendaraan yang meninggalkan ruas jalan lebih sedikit dari jumlah kendaraan yang datang. Untuk itu keberadaan lampu lalu lintas (*traffic light*) sangat penting, untuk mengatur kelancaran lalu lintas agar tidak

terjadi kemacetan. Dimana lampu lalu lintas (*traffic light*) tersebut, dipengaruhi oleh banyak faktor seperti: lamanya waktu, perangkat kendali, perangkat lampu, tiang lampu dan lain-lain.

Penelitian ini dilakukan pada persimpangan Jl A.Yani dan Borobudur. Dimana pada persimpangan tersebut sering timbul kemacetan, terutama di jam dan hari tertentu. Untuk itu, peneliti ingin mengetahui pola kedatangan, jumlah kedatangan dan keluaran kendaraan, sehingga dapat diketahui jumlah antrian dan tingkat pelayanan dari lampu lintas. Untuk selanjutnya dilakukan perhitungan nyala lampu yang optimal untuk mengurangi kemacetan tersebut. Sehingga nantinya penelitian ini dapat memberikan masukan atau menghasilkan suatu masukan yang dapat digunakan untuk mengembangkan suatu perbaikan kondisi atau fasilitas di jalan raya agar dapat mengurangi tingkat kemacetan atau antrian kendaraan, mengingat semakin meningkatnya jumlah kendaraan.

Penelitian ini, menggunakan dasar dari beberapa penelitian terdahulu. Penggabungan dan pengembangan dari beberapa penelitian terdahulu ini, merupakan penggabungan antara teori antrian dengan metode penyalan lampu optimal Webster dan simulasi menggunakan program Delphi. Sehingga diharapkan memberikan masukan dan pengembangan dari perhitungan nyala lampu optimal lampu lalu lintas (*traffic light*).

Sebuah penelitian yang dilakukan, oleh Wahyudi dkk, tentang Perancangan Sistem Simulasi Antrian Kendaraan Bermotor Pada Stasiun Pengisian Bahan-Bakar Umum (SPBU), menggunakan teori antrian eksponensial untuk menghitung waktu antar kedatangan kendaraan roda empat ke atas, dan waktu pelayanan dari masing-masing server, serta penentuan jenis distribusi untuk waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan. Tahap selanjutnya melakukan perancangan logika sesuai keadaan system nyata yang telah dimodelkan. Perancangan model menggunakan Microsoft Visual Basic 6.0. Kesimpulan dari hasil penelitian tersebut adalah SPBU membutuhkan tiga buah server untuk mengurangi antrian, hasil ini diperoleh dari perbandingan waktu kedatangan konsumen baru dengan konsumen sebelumnya. Semakin kecil selisih waktu kedatangan (waktu antar kedatangan) kemungkinan penambahan server semakin besar. Penelitian ini memberikan ide untuk menggunakan metode antrian untuk

menghitung tingkat pelayanan lampu lalu lintas pada kendaraan yang melintasi ruas jalan persimpangan tersebut.

Kandaga dan Elvina mengadakan penelitian tentang Aplikasi Simulasi Hubungan Antrian Yang Terjadi Dan Penentuan Waktu Hidup Lampu Lalu Lintas Pada Persimpangan Jalan. Simulasi tersebut untuk menentukan lamanya lampu lalu lintas hidup, agar penumpukan kendaraan tidak terlalu padat, pada setiap ruas jalan dalam suatu simpangan, yang juga ditentukan dari lebarnya jalan dan kepadatannya. Penelitian ini juga mensimulasikan interaksi lampu lalu lintas tersebut agar tercipta komunikasi pertukaran data antar lampu lalu lintas, yaitu tentang banyak kendaraan pada ruas jalan tersebut, untuk selanjutnya ditentukan urutan giliran menyala lampunya dan berapa lama lampu lalu lintas harus menyala. Penelitian ini belum menghitung tingkat pelayanan lampu lalu lintas sebagai dasar perhitungan sebelum melakukan perhitungan nyala lampu yang optimal.

Tahir A, mengadakan penelitian tentang Perencanaan Waktu Sinyal Pada Persimpangan Jalan, yang bertujuan merencanakan waktu sinyal dengan sistem 2fase berdasarkan pada kondisi arus lalu lintas pada jam puncak. Metode yang digunakan adalah menggunakan pendekatan MKJI dan Webster. Sedangkan hasil penelitian tersebut adalah waktu siklus pada jam puncak pagi 62 detik, siang 60 detik dan sore 74 detik. Pada jam puncak pagi, diperoleh waktu hijau dan merah pada fase 1 adalah 30 detik dan 27 detik, sedangkan pada fase 2 adalah 22 detik dan 35 detik. Pada jam puncak siang, diperoleh waktu hijau dan merah pada fase 1 adalah 28 detik dan 27 detik, sedangkan pada fase 2 adalah 21 detik dan 34 detik. Pada jam puncak sore, diperoleh waktu hijau dan merah pada fase 1 adalah 33 detik dan 36 detik, sedangkan fase 2 adalah 38 dan 31 detik. Arus lalu lintas tertinggi yaitu pada pendekatan utara (jam sibuk pagi) sebesar 644 smp/jam. Penelitian ini hampir sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Kandaga dan Elvina dan belum menghitung tingkat pelayanan lampu lalu lintas dengan menggunakan metode antrian.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Anggara Hayun A dan Sundari, tentang Penentuan Waktu Penyalan Lampu Lalu Lintas Yang Optimal : Kasus Persimpangan Buah Batu Lingkar Selatan, yang bertujuan menentukan lama *traffic light* yang optimal

dengan menggunakan model yang dikembangkan oleh Webster. Hasil penelitian adalah dengan mengubah pola pergerakan yang ada, maka waktu tundaan atau antrian yang dialami setiap kendaraan akan berkurang sebesar **25.59** %. Sedangkan jumlah antrian tingkat kedatangan kendaraan, dihitung dengan teknik yang berbeda dengan yang digunakan dalam penelitian ini. Penelitian Anggara ini hanya menghitung nyala lampu optimal dan sama dengan dua penelitian sebelumnya masih belum menggunakan teori antrian untuk menghitung tingkat pelayanan lampu lalu lintas sebagai dasar perbaikan perhitungan nyala lampu optimal lampu lalu lintas.

METODE

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode *field research*, yaitu metode pengamatan langsung di lapangan untuk mendapatkan data tentang jumlah kedatangan kendaraan, keluaran kendaraan (aliran kendaraan) dan lama penyalaan lampu merah, kuning dan hijau yang terjadi, dan waktu siklus lampu lalu lintas (*traffic light*).

Untuk pengolahan data system antrian menggunakan rumus sebagai berikut:

$$p = \frac{\lambda}{\mu}$$

Keterangan:

λ (tingkat kedatangan rata-rata/jam)
 μ (tingkat pelayanan rata-rata/jam)

Pengolahan data untuk metode penyalaan lampu lalu lintas :

1. Pembagian Fase dari Pergerakan Yang Ada di Persimpangan

2. Menentukan Aliran Jenuh (Arus Saturasi)

$$S = 540 W$$

W= lebar jalan menuju persimpangan yang digunakan untuk mengalirkan arus.

3. Menentukan Tingkat Arus Lalu Lintas atau Flow Rasio

y = aliran kendaraan/aliran jenuh

4. Menentukan Waktu Hilang Total per Siklus

$$L = \sum (I - a) + \sum l$$

l = rata-rata waktu hilang per fase yang diakibatkan sifat inersia antrian dan besarnya ditetapkan 2 detik per fase

I = periode antar hijau

a = periode kuning, ditetapkan nilainya 3 detik per fase

5. Nilai dari periode antar hijau dipengaruhi oleh ukuran persimpangan dan lebar jalan masuk rata-rata dengan ketentuan sebagai berikut :

Ukuran Persimpangan	Lebar Jalan Masuk Rata-Rata	Nilai Waktu Antar Hijau Standar
Kecil	3-6 meter	5 detik / fase
Sedang	6-9 meter	6 detik / fase
Besar	> 9 meter	7 detik / fase

6. Menentukan Waktu Hilang Total per Siklus

$$C_o = \frac{1,5 L + 5}{1 - Y}$$

L = waktu hilang total per siklus (dalam detik)

Y = jumlah nilai-nilai y maksimum untuk semua fase yang membangun siklus tersebut (Σy)

7. Waktu hijau efektif yaitu waktu efektif yang dipergunakan kendaraan untuk bergerak melintasi persimpangan selama periode hijau, ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Waktu Hijau Efektif} = \frac{y(C_o - L)}{Y}$$

8. Waktu hijau aktual yaitu lamanya waktu lampu lalu lintas menyala hijau, dirumuskan sebagai berikut :

$$k = g + l - a$$

l = waktu hilang tiap fase, ditetapkan bernilai 2 detik

k = waktu hijau actual

a = waktu kuning, ditetapkan bernilai 3 detik

g = waktu hijau efektif

9. Menentukan Waktu Tundaan Rata-rata

Waktu tundaan rata-rata yang dialami tiap kendaraan merupakan suatu fungsi dari panjang waktu siklus, proporsi panjang siklus lampu hijau, volume jalan dan rasio arus.

$$d = \frac{c(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda\chi)} + \frac{\chi^2}{2q(1-\chi)} \cdot 0,65 \left(\frac{c}{q^2}\right)^{1/2} \lambda^n$$

d = rata-rata waktu tunda per kendaraan pada jalan tertentu

c = panjang waktu siklus

λ = proporsi waktu hijau efektif dengan waktu siklus (g/c)

q = rata-rata arus kendaraan

s = arus atau aliran jenuh

χ = derajat kejenuhan (perbandingan antara arus kendaraan dengan kapasitas dari suatu fase) $\chi = q/\lambda s$

n = (2 + 52)

Perhitungan dengan Menggunakan Teori Antrian

Tabel 1. Data kedatangan dan keluaran dari arah Jl. Borobudur– Jl. A. Yani (Selatan)

Siklus Ke-	Kedatangan	Keluaran	Sisa antrian
1	23	23	0
2	24	22	2
3	24	23	1
4	25	23	2
5	24	22	2
6	23	21	2
7	22	22	0
8	24	21	3
9	25	23	2
10	24	22	2
11	23	22	1
12	23	22	1
13	24	21	3
14	22	21	1
15	23	21	2
16	23	22	1
17	23	22	1
18	22	22	0
19	21	21	0
20	22	21	1
21	23	22	1
22	24	22	2
23	23	21	2
24	22	22	0
25	24	22	2
26	23	22	1
27	22	21	1
28	21	20	1
29	22	22	0
30	22	21	1
31	23	23	0
32	22	22	0
Jumlah	735	697	38

Sumber: Hasil pengamatan

Tabel 2. Data kedatangan dan keluaran dari arah Jl. A. Yani (Selatan) - Jl. A. Yani (Utara)

Siklus Ke-	Kedatangan	Keluaran	Sisa antrian
1	65	64	1
2	66	64	2
3	69	65	4
4	68	67	1
5	67	66	1
6	68	67	1
7	69	66	3
8	66	66	0
9	68	65	3
10	67	66	1
11	68	66	2
12	67	65	2
13	68	67	1
14	68	65	3
15	67	66	1
16	68	66	2
17	66	65	1
18	67	65	2
19	64	63	1
20	65	65	0
21	66	66	0
22	67	66	1
23	69	67	2
24	65	64	1
25	64	63	1

26	66	65	1
27	65	64	1
28	67	66	1
29	67	67	0
30	68	66	2
31	66	65	1
32	69	66	3
Jumlah	2140	2094	46

Sumber: Hasil pengamatan

Tabel 3. Data kedatangan dan keluaran dari arah Jl. A. Yani (Utara) – Jl. Borobudur

Siklus Ke-	Kedatangan	Keluaran	Sisa antrian
1	77	76	1
2	79	76	3
3	80	77	3
4	78	77	1
5	78	76	2
6	79	77	2
7	77	76	1
8	78	76	2
9	77	77	0
10	79	77	2
11	79	78	1
12	77	75	2
13	79	76	3
14	78	76	2
15	77	77	0
16	78	77	1
17	79	76	3
18	77	76	1
19	76	76	0
20	78	77	1
21	77	76	1
22	79	77	2
23	78	77	1
24	77	75	2
25	77	76	1
26	79	77	2
27	78	76	2
28	79	77	2
29	78	77	1
30	77	75	2
31	79	76	3
32	77	75	2
Jumlah	2495	2443	52

Sumber: Hasil pengamatan

HASIL DAN PEMBAHASAN
Dari Jl. Borobudur ke Jl. A.Y. Selatan
dengan Teori Antrian

Diketahui : λ (Jumlah kedatangan rata-rata /siklus) = 22,97

μ (Jumlah pelayanan rata-rata /siklus) = 21,78

Tingkat kegunaan bagian pelayanan (waktu traffic light)/p :

$$\pi = \frac{\mu}{\lambda}$$

$$\pi = \frac{22,97}{21,78} = 1,05$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, tingkat kegunaan bagian pelayanan dari arah Jl. Borobudur ke Jl. A.Y. Selatan di dapat p sebesar 1,05, yang artinya $p > 1$, menunjukkan

bahwa rata-rata tingkat pelayanan traffic light sibuk dan adanya antrian di pelayanan traffic light dari arah Jl. Borobudur ke Jl. A.Y. Selatan

Dari Jl. A.Y. Selatan ke Jl. A.Y. Utara dengan Teori Antrian

Diketahui : λ (Jumlah kedatangan rata-rata /siklus) = 66,88

μ (Jumlah pelayanan rata-rata /siklus) = 65,44

Tingkat kegunaan bagian pelayanan (waktu traffic light)/p :

$$\pi = \frac{\mu}{\lambda}$$

$$\pi = \frac{66,88}{65,44} = 1,02$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, tingkat kegunaan bagian pelayanan dari arah A.Y. Selatan ke Jl. A.Y. Utara dapat p sebesar 1,02, yang artinya $p > 1$, menunjukkan bahwa rata-rata tingkat pelayanan traffic light sibuk dan adanya antrian di pelayanan traffic light dari arah A.Y. Selatan ke Jl. A.Y. Utara

Dari Jl. A. Y. Utara ke Jl. Borobudur dengan Teori Antrian

Diketahui : λ (Jumlah kedatangan rata-rata /siklus) = 77,97

μ (Jumlah pelayanan rata-rata /siklus) = 76,34

Tingkat kegunaan bagian pelayanan (waktu traffic light)/p :

$$\pi = \frac{\mu}{\lambda}$$

$$\pi = \frac{77,97}{76,34} = 1,02$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, tingkat kegunaan bagian pelayanan dari arah A. Y. Utara ke Jl. Borobudur di dapat p sebesar 1,02, yang artinya $p > 1$, menunjukkan bahwa rata-rata tingkat pelayanan traffic light sibuk dan adanya antrian di pelayanan traffic light dari arah A. Y. Utara ke Jl. Borobudur.

Perhitungan Untuk Penentuan Nyala Lampu Lalu Lintas Optimal

Tabel 4. Hasil Survey di Pertigaan Blimbing – A. Yani dari arah Jl.Borobudur – Jl. A. Yani (Utara)

PERIODE	JUMLAH KENDARAAN (TERLINDUNG)	
	Jumlah Kend. (kendaraan / jam)	Total Arus Kendaraan (smp/jam)
06.00-07.00	1167	494.5
07.00-08.00	1239	533.6
08.00-09.00	1264	546.5
09.00-10.00	1303	573.8
10.00-11.00	1392	615.3
11.00-12.00	1440	613.5
12.00-13.00	1497	631.1
13.00-14.00	1537	640.8
14.00-15.00	1423	587.5

15.00-16.00	1537	662.2
16.00-17.00	1888	714.6
17.00-18.00	1310	584.6
18.00-19.00	1255	568.7

Sumber: Hasil pengamatan

Tabel 5. Hasil Survey di Pertigaan Blimbing – A. Yani dari arah Jl.Borobudur – Jl. A. Yani (Selatan)

PERIODE	JUMLAH KENDARAAN (TERLINDUNG)	
	Jumlah Kend. (kendaraan / jam)	Total Arus Kendaraan (smp/jam)
06.00-07.00	213	78.7
07.00-08.00	269	110.7
08.00-09.00	304	121.4
09.00-10.00	358	148.3
10.00-11.00	401	168.6
11.00-12.00	411	160.6
12.00-13.00	438	165
13.00-14.00	435	156.7
14.00-15.00	432	148.6
15.00-16.00	605	252
16.00-17.00	669	297.9
17.00-18.00	735	333.5
18.00-19.00	695	308.9

Sumber: Hasil pengamatan

Table 6. Hasil Survey di Pertigaan Blimbing–A. Yani dari arah Jl. A. Yani (Selatan) – Jl. A. Yani (Utara)

PERIODE	JUMLAH KENDARAAN (TERLINDUNG)	
	Jumlah Kend. (kendaraan / jam)	Total Arus Kendaraan (smp/jam)
06.00-07.00	1869	867.5
07.00-08.00	1896	843.4
08.00-09.00	1946	903.3
09.00-10.00	1994	903.6
10.00-11.00	2084	933.3
11.00-12.00	1653	808
12.00-13.00	2055	892.7
13.00-14.00	1949	881.1
14.00-15.00	1828	854.9
15.00-16.00	1773	870.5
16.00-17.00	2140	968.9
17.00-18.00	1648	809.9
18.00-19.00	1653	815.8

Sumber: Hasil pengamatan

Tabel 7. Hasil Survey di Pertigaan Blimbing – A. Yani dari arah Jl. A. Yani (Selatan) – Jl. Borobudur

PERIODE	JUMLAH KENDARAAN (TERLINDUNG)	
	Jumlah Kend. (kendaraan / jam)	Total Arus Kendaraan (smp/jam)
06.00-07.00	736	240.9
07.00-08.00	729	237.5
08.00-09.00	713	223.8
09.00-10.00	712	217.4
10.00-11.00	714	215.7
11.00-12.00	689	207.5
12.00-13.00	681	220.2
13.00-14.00	635	211.6
14.00-15.00	569	201.3
15.00-16.00	749	292.2
16.00-17.00	709	285.3
17.00-18.00	648	263.5
18.00-19.00	625	256

Sumber: Hasil pengamatan

Tabel 8. Hasil Survey di Pertigaan Blimbing – A.Yani dari arah Jl. A. Yani (Utara) – Jl. Borobudur

PERIODE	JUMLAH KENDARAAN (TERLINDUNG)	
	Jumlah Kend. (kendaraan / jam)	Total Arus Kendaraan (smp/jam)
06.00-07.00	1815	769.1
07.00-08.00	1904	788.1
08.00-09.00	1984	778.8
09.00-10.00	2495	867
10.00-11.00	2194	781.4
11.00-12.00	2427	838.6
12.00-13.00	1486	657.2
13.00-14.00	2442	841.9
14.00-15.00	2341	841.8
15.00-16.00	1558	694.2
16.00-17.00	2095	967.9
17.00-18.00	1451	644.8
18.00-19.00	1452	629.1

Sumber: Hasil pengamatan

Tabel 9. Hasil Survey di Pertigaan Blimbing –A.Yani dari arah Jl. Yani (Utara) – Jl. A. Yani (Selatan)

PERIODE	JUMLAH KENDARAAN (TERLINDUNG)	
	Jumlah Kend. (kendaraan / jam)	Total Arus Kendaraan (smp/jam)
06.00-07.00	2053	802.8
07.00-08.00	2187	881
08.00-09.00	2459	990.7
09.00-10.00	2078	977.1
10.00-11.00	2384	969.5
11.00-12.00	2335	956.2

12.00-13.00	2146	884.5
13.00-14.00	2120	921.9
14.00-15.00	2075	888.2
15.00-16.00	1686	763.8
16.00-17.00	2397	919.6
17.00-18.00	2273	1068.9
18.00-19.00	2287	1074.3

Sumber: Hasil pengamatan

Lokasi / Kode Titik Pengamatan: Pertigaan Blimbing - A. Yani

Arah : Jl. Borobudur

➤ Perhitungan Arus Lalu Lintas per Arah (Jl. Borobudur) :

$$\begin{aligned} \text{Jml Arus Kend.} &= \text{Tot. Arus Kend Belok Kanan} + \text{Tot. Arus Kend. Belok Kiri} \\ &= 78,7 + 494,5 \\ &= 573,2 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

➤ Perhitungan Arus Jenuh / Arus Saturasi (Jl. Borobudur) :

$$\begin{aligned} S &= 600 \times W \\ &= 600 \times 8 \\ &= 4800 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

➤ Perhitungan Tingkat Arus Lalu Lintas / Flow Rasio (Jl. Borobudur) :

$$\begin{aligned} y &= \frac{\text{Jml. Arus Kend.}}{S} \\ &= \frac{1012,5}{4800} = 0,2109 \end{aligned}$$

Tabel 10. Data Kombinasi Total Arus Kendaraan

JAM	JL BOROBUDUR		JL A.YANI (SELATAN)		JL A.YANI (UTARA)		TOTAL	TOTAL RATA-RATA
	BELOK KANAN	BELOK KIRI	LURUS	BELOK KIRI	LURUS	BELOK KANAN		
06.00-07.00	78.7	494.5	867.5	240.9	802.8	769.1	3253.5	542.2500
07.00-08.00	110.7	533.6	843.4	237.5	881	788.1	3394.3	565.7167
08.00-09.00	121.4	546.5	903.3	223.8	990.7	778.8	3564.5	594.0833
09.00-10.00	148.3	573.8	903.6	217.4	977.1	867	3687.2	614.5333
10.00-11.00	168.6	615.3	933.3	215.7	969.5	781.4	3683.8	613.9667
11.00-12.00	160.6	613.5	808	207.5	956.2	838.6	3584.4	597.4000
12.00-13.00	165	631.1	892.7	220.2	884.5	657.27	3450.77	575.1283
13.00-14.00	156.7	640.8	881.1	211.6	921.9	841.9	3654	609.0000
14.00-15.00	148.6	587.5	854.9	201.3	888.2	841.8	3522.3	587.0500
15.00-16.00	252	662.2	870.5	292.2	763.8	694.2	3534.9	589.1500
16.00-17.00	297.9	714.6	968.9	285.3	919.6	967.9	4154.2	692.3667
17.00-18.00	333.5	584.6	809.9	263.5	1068.9	644.8	3705.2	617.5333
18.00-19.00	308.9	568.7	815.8	256	1074.3	629.1	3652.8	608.8000
								600.5368

Sumber: Hasil pengamatan

Tabel 11. Data Perhitungan Arus Lalu Lintas per Arah di Jl. Borobudur

PERIODE	Jumlah Arus Kendaraan (smp/jam)	Arus Jenuh (Arus Saturasi) (S) (smp/jam)	Tingkat Arus Lalu Lintas (Flow Rasio) (y)
06.00-07.00	573.2	4800	0.1194
07.00-08.00	644.3	4800	0.1342
08.00-09.00	667.9	4800	0.1391
09.00-10.00	722.1	4800	0.1504
10.00-11.00	783.9	4800	0.1633
11.00-12.00	774.1	4800	0.1613
12.00-13.00	796.1	4800	0.1659
13.00-14.00	797.5	4800	0.1661
14.00-15.00	736.1	4800	0.1534
15.00-16.00	914.2	4800	0.1905
16.00-17.00	1012.5	4800	0.2109
17.00-18.00	918.1	4800	0.1913
18.00-19.00	877.6	4800	0.1828

Sumber: Hasil pengamatan

1. Lokasi / Kode Titik Pengamatan :
Pertigaan Blimbing - A. Yani
Arah : Jl. A. Yani (selatan)

- Perhitungan Arus Lalu Lintas per Arah (Jl. A. Yani - selatan) :
Jml Arus Kend. = Tot. Arus Kend Lurus + Tot. Arus Kend. Belok Kanan
 $= 808 + 207,5$
 $= 1015,5 \text{ smp/jam}$

- Perhitungan Arus Jenuh / Arus Saturasi (Jl. A. Yani - selatan) :
 $S = 600 \times W$
 $= 600 \times 8$
 $= 4800 \text{ smp/jam}$

- Perhitungan Tingkat Arus Lalu Lintas / Flow Rasio (Jl. A. Yani - selatan) :
 $y = \frac{\text{Jml. ArusKend.}}{S}$
 $= \frac{1254,2}{4800}$
 $= 0,2613$

Tabel 12. Data Perhitungan Arus Lalu Lintas per Arah di Jl. A. Yani (selatan)

PERIODE	Jumlah Arus Kendaraan (smp/jam)	Arus Jenuh (Arus Saturasi) (S) (smp/jam)	Tingkat Arus Lalu Lintas (Flow Rasio) (y)
06.00-07.00	1108.4	4800	0.2309
07.00-08.00	1080.9	4800	0.2252
08.00-09.00	1127.1	4800	0.2348
09.00-10.00	1121	4800	0.2335
10.00-11.00	1149	4800	0.2394
11.00-12.00	1015.5	4800	0.2116
12.00-13.00	1112.9	4800	0.2319
13.00-14.00	1092.7	4800	0.2276
14.00-15.00	1056.2	4800	0.2200
15.00-16.00	1162.7	4800	0.2422
16.00-17.00	1254.2	4800	0.2613
17.00-18.00	1073.4	4800	0.2236
18.00-19.00	1071.8	4800	0.2233

Sumber: Hasil pengamatan

2. Lokasi / Kode Titik Pengamatan :
Pertigaan Blimbing - A. Yani

Arah : Jl. A. Yani (utara)

- Perhitungan Arus Lalu Lintas per Arah (Jl. A. Yani - utara) :

$$\begin{aligned} \text{Jml Arus Kend.} &= \text{Tot. Arus Kend Lurus} \\ &+ \text{Tot. Arus Kend. Belok Kiri} \\ &= 867 + 977,1 \\ &= 1844,1 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

- Perhitungan Arus Jenuh / Arus Saturasi (Jl. A. Yani - utara) :

$$\begin{aligned} S &= 600 \times W \\ &= 600 \times 8 \\ &= 4800 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

- Perhitungan Tingkat Arus Lalu Lintas / Flow Rasio (Jl. A. Yani - utara) :

$$\begin{aligned} y &= \frac{\text{Jml. ArusKend.}}{S} \\ &= \frac{1887,5}{4800} \\ &= 0,3932 \end{aligned}$$

Tabel 13. Data Perhitungan Arus Lalu Lintas per Arah di Jl. A. Yani (utara)

PERIODE	Jumlah Arus Kendaraan (smp/jam)	Arus Jenuh (Arus Saturasi) (S) (smp/jam)	Tingkat Arus Lalu Lintas (Flow Rasio) (y)
06.00-07.00	1571.9	4800	0.3275
07.00-08.00	1669.1	4800	0.3477
08.00-09.00	1769.5	4800	0.3686
09.00-10.00	1844.1	4800	0.3842
10.00-11.00	1750.9	4800	0.3648
11.00-12.00	1794.8	4800	0.3739
12.00-13.00	1541.7	4800	0.3212
13.00-14.00	1763.8	4800	0.3675
14.00-15.00	1730	4800	0.3604
15.00-16.00	1458	4800	0.3038
16.00-17.00	1887.5	4800	0.3932
17.00-18.00	1713.7	4800	0.3570
18.00-19.00	1703.4	4800	0.3549

Sumber: Hasil pengamatan

Perhitungan Beberapa Metode per Kaki Simpang

- Perhitungan Waktu Hilang Total per Siklus

$$\begin{aligned} L &= \sum (I - a) + \sum l \\ &= (6 - 3) + 2 \\ &= 5 \text{ detik} \end{aligned}$$

- Perhitungan Waktu Siklus

$$\begin{aligned} C_o &= \frac{1,5 L + 5}{1 - Y} \\ &= \frac{1,5 \cdot 5 + 5}{1 - 0,8654} \\ &= 92,8678 \end{aligned}$$

- Perhitungan Waktu Hijau Efektif

$$g = \frac{y (C_o - L)}{Y}$$

$$= \frac{0,2109(92,8678 - 5)}{0,8654}$$

$$= 21,4136$$

- Perhitungan Waktu Hijau Aktual

$$\bar{k} = g + l - a$$

$$= 21,4136 + 2 - 3$$

$$= 20,4136$$

- Perhitungan Waktu Tundaan Rata-rata

$$d = c \frac{(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1-x)} - 0,65 \left(\frac{c}{q^2} \right)^{1/3} x^n$$

$$= 92,8678 x \frac{(1-0,2306)^2}{2(1-0,2306 \cdot 0,5425)} + \frac{(0,5425)^2}{2 \cdot 600,5368(1-0,5425)} -$$

$$0,65 \left(\frac{92,8678}{600,5368^2} \right)^{1/3} (0,5425)^{3,4494}$$

$$= 31,4137$$

Hasil perhitungan beberapa metode untuk mendapatkan penyalan lampu lalu lintas yang optimal diambil dari data terbesar perhitungan arus lalu lintas per arah seperti tabel 14 :

Tabel 14. Data Perhitungan per Kaki Simpang

Daerah	Flow Rasio (y)	Waktu Hilang Total (L)	Waktu Hijau Efektif (g)	Waktu Hijau Aktual (k)	Tundaan Rata-rata (d)	λ	χ	n
Jl. Borobudur	0,2109	5	21,4136	20,4136	31,4137	0,2306	0,5425	3,4494
Jl. A. Yani (selatan)	0,2613	5	26,5309	25,5309	26,9897	0,2857	0,4279	3,5838
Jl. A. Yani (utara)	0,3932	5	39,9233	38,9233	17,2494	0,4299	0,2910	3,9975

Sumber: Hasil pengamatan

Dapat terlihat bahwa, pada Jl. Borobudur pukul 16.00 – 17.00, kendaraan yang melintasi jalan tersebut mempunyai kepadatan yang lebih besar dibandingkan dengan waktu yang lain. Dengan waktu siklus sebesar 93 detik, maka diperoleh waktu hijau efektif sebesar 21,4136 detik, dengan waktu hijau actual sebesar 20,4136 detik.

Demikian pula halnya yang terlihat pada Jl. A. Yani (Selatan), pada pukul 16.00 – 17.00, kendaraan yang melintasi jalan tersebut mempunyai kepadatan yang lebih besar dibandingkan dengan waktu yang lain. Dengan waktu siklus sebesar 93 detik, maka diperoleh waktu hijau efektif sebesar 26,5309 detik, dengan waktu hijau actual sebesar 25,5309 detik.

Sedangkan pada Jl. A. Yani (Utara), pukul 16.00 – 17.00, kendaraan yang melintasi jalan tersebut juga mempunyai kepadatan yang lebih besar dibandingkan dengan waktu yang lain. Dengan waktu siklus sebesar 93 detik, maka diperoleh waktu hijau efektif sebesar 39,9233detik, dengan waktu hijau actual sebesar 38,9233 detik

Maka, berdasarkan uraian yang sudah ditulis sebelumnya, maka diperoleh waktu penyalan lampu lalu lintas (*traffic light*) yang

optimal di persimpangan Blimbing, Jl. A. Yani dan Jl. Borobudur, sebagai berikut :

1. Dari Jl. Borobudur ke Jl. Ahmad Yani selatan dengan pelayanan nyala lampu merah 69 detik, nyala lampu hijau 21 detik dan nyala lampu kuning 3 detik.
2. Dari arah Jl. Ahmad Yani Selatan ke Jl. Ahmad Yani Utara dengan pelayanan nyala lampu merah 63 detik, nyala lampu hijau 27 detik dan nyala lampu kuning 3 detik.
3. Dari arah Jl. Ahmad Yani Utara ke Jl. Borobudur dengan pelayanan nyala lampu merah 50 detik, nyala lampu hijau 40 detik dan nyala lampu kuning 3 detik.

Delphi untuk mensimulasikan Pengurangan Antrian setelah ditemukan nyala lampu yang optimal

Dibuatlah tampilan input data jumlah kendaraan yang melewati persimpangan Blimbing Jl. Borobudur dan Jl. Y. Yani, pada setiap arusnya, agar dapat dilihat simulasi perbandingan jumlah antrian kendaraan sebelum dan sesudah perhitungan nyala lampu lalu lintas (*trafficlight*) yang optimal.

SIKLUS KE	KEDATANGAN	KELUARAN	SISA ANTRIAN
1	23	23	0
2	24	22	2
3	24	23	1
4	25	23	2
5	24	22	2
6	23	21	2
7	22	22	0
8	24	21	3
9	25	23	2
10	24	22	2
11	23	22	1
12	23	22	1
13	24	21	2
14	22	21	1
15	23	21	2
16	23	22	1
17	23	22	1
18	22	22	0
19	21	21	0
20	22	21	1
21	23	22	1
22	24	22	2
23	23	21	2
24	22	22	0
25	24	22	2
26	23	22	1
27	22	21	1
28	21	20	1
29	22	22	0
30	22	21	1
31	23	23	0
32	22	22	0

Gambar 1. Input Data Jumlah Kendaraan dari Borobudur ke A.Yani Selatan

Dari input data jumlah kendaraan yang melintasi persimpangan Blimbing Jl. Borobudur dan Jl. A. Yani pada setiap arusnya, maka dapat dibuat simulasi yang menunjukkan adanya pengurangan antrian kendaraan pada persimpangan tersebut setelah dilakukan perhitungan nyala lampu lalu lintas (*traffic light*) yang optimal.



Gambar 2. Simulasi Penyalan Lampu Lalu Lintas yang Optimal dari Borobudur ke A.Yani Selatan

Dapat dilihat bahwa pada persimpangan Jl. Borobudur dan Jl. A. Yani (Selatan) dari hasil simulasi terjadi pengurangan antrian, setelah perhitungan nyala lampu lalu lintas (*traffic light*) yang optimal. Demikian juga untuk persimpangan yang lain.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Tingkat kegunaan bagian pelayanan (p) dari : arah Jl. Borobudur ke Jl. A.Y. Selatan sebesar 1,05, arah A.Y. Selatan ke Jl. A.Y. Utara diperoleh (p) sebesar 1,02, arah A. Y. Utara ke Jl. Borobudur diperoleh (p) 1,02. Dimana semua mempunyai $p > 1$, yang menunjukkan bahwa rata-rata tingkat pelayanan traffic light sibuk dan adanya antrian di pelayanan traffic light persimpangan Blimbing Jl. A. Yani dan Jl. Borobudur.
2. Waktu penyalan lampu lalu lintas (*traffic light*) optimal yang diperoleh di persimpangan Blimbing, Jl. A. Yani dan Jl. Borobudur, sebagai berikut :
3. Dari Jl. Borobudur ke Jl. Ahmad Yani selatan dengan pelayanan nyala lampu merah 69 detik, nyala lampu hijau 21 detik dan nyala lampu kuning 3 detik.
4. Dari arah Jl. Ahmad Yani Selatan ke Jl. Ahmad Yani Utara dengan pelayanan nyala lampu merah 63 detik, nyala lampu hijau 27 detik dan nyala lampu kuning 3 detik.
5. Dari arah Jl. Ahmad Yani Utara ke Jl. Borobudur dengan pelayanan nyala lampu merah 50 detik, nyala lampu hijau 40 detik dan nyala lampu kuning 3 detik.

Saran

1. Penelitian dilanjutkan dengan simulasi tentang pergiliran menyalanya lampu lalu lintas (*traffic light*)
2. Penelitian dilanjutkan dengan observasi faktor-faktor lain yang menyebabkan kemacetan
3. Sebaiknya penelitian ini dilanjutkan dengan observasi lagi tentang keberadaan rambu-rambu lalu lintas, sehingga jika perlu dilengkapi segera dilengkapi.
4. Sebaiknya pihak berwajib selalu memantau untuk mengatur arus lalu lintas yang ada, terutama di jam-jam dengan tingkat kepadatan yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Cantu M, *Delphi 2009 Handbook* ,2010, Wintech Italia Srl, Italy
- Hayun A dan Sundari, *Penentuan Waktu Penyalan Lampu Lalu Lintas Yang Optimal : Kasus Persimpangan Buah Batu*

- Lingkar Selatan, INASEA, Vol. 6 No. 2. Oktober 2005: 77-90*
- Kandaga T Dan Elvina T, *Aplikasi Simulasi Hubungan Antrian Yang Terjadi dan Penentuan Waktu Hidup Lampu Lalu Lintas Pada Persimpangan Jalan, Jurnal Informatika, Vol.7, No. 1, Juni 2011: 87 – 97*
- Martina I, 2004, *Visual Borland Delphi 7*, Elex Media Komputindo, Jakarta
- Miro F, 2005, *Perencanaan Transportasi: Untuk Mahasiswa, Perencana, dan Praktisi, Erlangga, Jakarta*
- Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)*, Direktorat General of Highways, Direktorat of
- Rangkuti A, 2013, *7 Model Riset Operasi & Aplikasinya*, Brilliant Internasional
- Retnaningsih, SM dan Irhamah, 2011, *Riset Operasi Teori dan Aplikasi*, ITSPRESS, Surabaya
- Tamin OZ, 2003 *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, ITB Bandung
- Tahir A, *Perencanaan Waktu Sinyal Pada Persimpangan Jalan Tombolotutu, Jalan Hang Tuah Dan Jalan Suprpto Di Kota Palu, Jurnal INFRASTRUKTUR Vol. 2 No. 2 Desember 2012: 105 - 114*
- Tata Cara Perencanaan Persimpangan Sebidang Jalan Perkotaan*, 1992, Direktorat Jenderal Bina Marga Direktorat Pembinaan Jalan Kota
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009
- Urban Road, *Development Jalan Patal Senayan Selatam No.1 Simprug*, Jakarta Selatan
- Wahyudi G.V. dkk, *Perancangan Sistem Simulasi Antrian Kendaraan Bermotor Pada Stasiun Pengisian Bahan-Bakar Umum (Spbu) Menggunakan Metode Distribusi Eksponensial Studi Kasus : SPBU Sunset Roa, Jurnal Elektronik Ilmu Komputer - Universitas Udayana JELIKU Vol 1 No. 2 Nopember 2012*
- <http://kangnarada.wordpress.com/2011/10/08/kemacetan-di-kota-malang/>